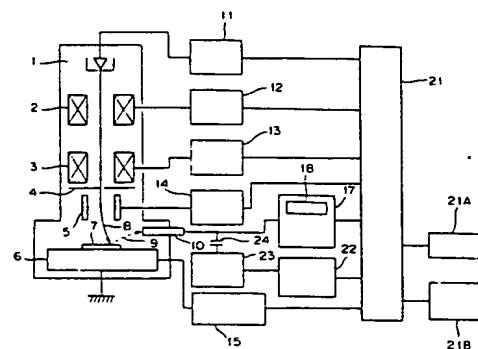


(54) MEASURING METHOD FOR LENGTH BY CHARGED PARTICLE BEAM
AND MEASURING APPARATUS THEREFOR

(11) 63-308510 (A) (43) 15.12.1988 (19) JP
(21) Appl. No. 62-143212 (22) 10.6.1987
(71) NIPPON TELEGR & TELEPH CORP <NTT> (72) AKIRA KIKUCHI(1)
(51) Int. Cl. G01B15/00, H01J37/04, H01J37/248

PURPOSE: To enable the highly precise measurement of a length, by using an acceleration voltage minimizing either one of the amount of secondary electron noise from the surface of a pattern and 100% retrieval in order to measure the shape or dimensions of the surface of the pattern.

CONSTITUTION: The condition of emission of an electron beam 8, the condition of calculation of a signal-pattern width, etc. are transmitted from a computer 21 to a DC voltage source 11, direct-current sources 12, 13, a scanning circuit 14, a stage control circuit 15, a pattern width calculating circuit 17 and a minimum value extracting circuit 22. With an acceleration voltage varied thereby, a specified area of the surface of a sample 7 is scanned by the beam 8. Along with this scanning, secondary electrons 9 emitted from the specified area of the sample 7 are collected by a secondary electron detector 10, and a squared mean value of the AC noise component of the secondary electrons (secondary electron noise) is measured by a noise meter 23 through the intermediary of a capacitor 24. When the secondary electron noise is measured with the acceleration voltage varied while a beam current is unvaried, an acceleration voltage dependency characteristic being proportional to the 100% retrieval rate inherent in the material of an pattern is obtained. Accordingly, the maximum precision of measurement is obtained by measuring a length by using the acceleration voltage minimizing this retrieval rate.



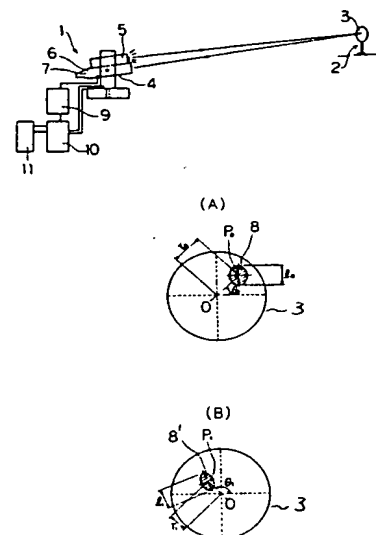
6: stage. 21A: printer. 21B: memory unit

(54) MEASURING APPARATUS OF DISPLACEMENT

(11) 63-308511 (A) (43) 15.12.1988 (19) JP
(21) Appl. No. 62-145874 (22) 10.6.1987
(71) NISHIDA MARINE BOILER CO LTD (72) ITARU IMAMURA
(51) Int. Cl. G01C15/00, G01B11/00

PURPOSE: To shorten a time for adjustment on the occasion of resetting of a transit TS, by providing a true round reflector fitted to a substance to be measured and a memory element storing the position of the center of a reflection image before shifting and the turning angle and others of TS at that time.

CONSTITUTION: A substance HT2 fitted with a true round reflector 3 is set, and a transit TS1 is installed at a place being apart from HT2 and is directed toward the reflector 3. Then, adjustment is made so that the reflector 3 be found within the visual of TS1, and the position P_0 of the center of a reflector image 8 before shifting, the length l_0 or l_1 of the major axis of the reflector image 8 or 8' being formed in a true round or elliptic shape, and the turning angle, angle of depression or elevation and focal position of TS at that time, are stored in a memory element 10. After TS is so directed as to be in the stored 10 state after a prescribed period passes, the position P_1 of the center of the reflector image 8' after shifting and the length of l_0 , l_1 of the major axis of the reflector image 8, 8' being formed in the true round or elliptic shape are measured and stored 10. The data on the reflector image 8, 8' before and after shifting, which is detected by a photodetecting element 6 in the same direction with that of TS and recognized by an image processing element 9, are compared with each other, and a distance of shifting of HT2 is computed by an arithmetic element 11. Thereby the state of shifting thereof can be measured.



BEST AVAILABLE COPY

⑫ 公開特許公報(A)

昭63-308510

⑬ Int.Cl.⁴

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 昭和63年(1988)12月15日

G 01 B 15/00
H 01 J 37/04
37/248B-8304-2F
A-7013-5C
B-7013-5C

審査請求 未請求 発明の数 3 (全8頁)

⑮ 発明の名称 荷電ビーム測長法および測長装置

⑯ 特 願 昭62-143212

⑰ 出 願 昭62(1987)6月10日

⑱ 発 明 者 菊 池 章 神奈川県厚木市森の里若宮3番1号 日本電信電話株式会社厚木電気通信研究所内

⑲ 発 明 者 原 田 勝 征 神奈川県厚木市森の里若宮3番1号 日本電信電話株式会社厚木電気通信研究所内

⑳ 出 願 人 日本電信電話株式会社 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号

㉑ 代 理 人 弁理士 谷 義 一

明 細 書

1. 発明の名称

荷電ビーム測長法および測長装置

2. 特許請求の範囲

1) 荷電ビームのビーム電流を一定にしてボタン表面を照射し、該ボタン表面からの二次電子雑音量および全収率のいずれか一方が最小になる加速電圧で該ボタン表面の形状寸法を測定することを特徴とする荷電ビーム測長法。

2) 荷電ビームを加速・収束および偏向する手段と、

該荷電ビームのビーム電流を一定にして加速電圧を変化させる手段と、

試料表面からの二次電子を収集する手段と、

前記試料表面からの二次電子波形で試料表面の形状寸法を算出する手段と、

前記試料表面からの二次電子雑音量を測定する手段と、

一定範囲で変化する一変数の関数の最小値を算出する手段とを備えたことを特徴とする荷電ビーム装置。

3) 荷電ビームを加速・収束および偏向する手段と、

該荷電ビームのビーム電流を一定にして加速電圧を変化させる手段と、

試料表面からの二次電子を収集する手段と、

前記試料表面からの二次電子波形で試料表面の形状寸法を算出する手段と、

吸収電流を測定する手段と、

一定範囲で変化する一変数の関数の最小値を算出する手段とを備えたことを特徴とする荷電ビーム装置。

3. 発明の詳細な説明

〔産業上の利用分野〕

本発明は、LSI 製造時のボタン検査等に用いられる荷電ビーム測長法および測長装置に関する。

〔従来の技術〕

走査型電子顕微鏡（以下 SEM という）に代表される荷電ビーム装置は非接触かつ高分解能の表面観察手段として幅広く用いられるようになってきた。このような荷電ビーム装置の大きな適用分野として LSI 製造時のボタン検査手段であるボタン幅測定装置が考えられる。

LSI は主として、論理動作等を司る能動素子部と、LSI としての機能を実現させるためにこれらを有機的に結合する電極配線部とで構成され、各層がウエハ単位の一括処理で形成される積層構造になっている。すなわち、LSI は上記各層を形成する複数の工程を繰り返して製造される。従って、LSI 製造完了時に目標とする電気的特性と歩留りを確保するにはボタン形成工程（レジストの

露光・現像、エッチング等）完了毎にボタン検査を行うことが不可欠である。このような LSI のボタン検査では、試料にダメージを与えずに高精度な表面観察ができることが要求されるため、従来の光学顕微鏡の代わりに専ら SEM が用いられるようになってきた。

第 7 図は SEM を用いたボタン幅測定（以下測長という）装置の一般的構成を示す。同図において、1 は電子銃、2 はコンデンサレンズ、3 は対物レンズ、4 はアパーチャ、5 は偏向器、6 はステージ、7 は LSI デバイス等の測定試料（以下試料という）、8 は電子銃 1 から放出される電子ビーム、9 は電子ビーム 8 で試料 7 を照射したとき試料の表面から放出される二次電子、10 は二次電子検出器、11 は電子銃 1 の直流電圧源、12 と 13 は各々コンデンサレンズ 2 および対物レンズ 3 を励磁する直流電流源、14 は偏向器 5 を制御する走査回路、15 はステージ 6 の移動を制御するステージ制御回路、16 はコンソールで、これを手動で操作することにより、直流電圧源 11 を介して電子ビー

3

ム 8 の加速電圧を設定し、直流電流源 12 と 13 を介しコンデンサレンズ 2 および対物レンズ 3 の励磁を調整して電子ビーム 8 のビーム電流値の設定と焦点合わせをおこない、走査回路 14 とステージ制御回路 15 を介して電子ビーム 8 の試料 7 の表面における電子ビーム 8 の照射位置と走査条件（方向、幅、速度）を設定する。17 はボタン幅算出回路、18 はボタン幅算出回路に設けられた CRT 等の表示器、19 はボタン幅算出回路の制御装置（日本学術振興会荷電粒子ビームの工業への応用第 132 委員会、第 85 回研究全資料、p1、1983 年参照）である。

以下、第 7 図を用いて従来のボタン測長の手順を説明する。コンソール 16 の操作により電子ビーム 8 で試料 7 の表面すなわち LSI デバイス表面の同一ボタンを繰り返し走査させ、これによって放出される二次電子 9 を二次電子検出器 10 を介して、ボタン幅算出回路 17 でボタンの形状に対応して変化しつつ加算平均化された二次電子波形を蓄積する。ボタンの線幅は二次電子波形でボタンの

4

SEM 像を CRT 18 上に表示し、ボタンのエッジにカーソルを合わせて、カーソル間の距離をボタン幅算出回路 17 で算出するか、あるいは閾値を指定し、それと二次電子波形の立ち上がり部分との交点および立ち下がり部分との交点を結ぶ線分をボタンの線幅として、これをボタン幅算出回路 17 で算出する（以下ライン・プロファイル法という）。

〔発明が解決しようとする問題点〕

LSI のボタン寸法を測定する測長装置では微細なデータを大量に収集する必要があるため、高速かつ高精度であることが要求される。このためには単にシステム構成のみならず測定条件についても上記の観点から最適化をはかることが望まれる。測定条件には①荷電ビームの照射条件、②二次電子波形の平滑化条件、③ボタン幅算出条件があるが、測定精度の点からは③と④が重要である。④については、上述した加算平均の他、移動平均、高速フーリエ変換等が知られており、その測定精度への効果については、実験的に確認され

ている。これに対し⑥について、とりわけ測定対象となるボタン材質への依存性が大きいと考えられる加速電圧条件については、ボタン材質に応じて経験的に選定されているのが現状であり、測定精度との定量的な関係は殆ど明らかにされていなかった。このため、測定者の熟練度や測定対象のボタン材質に依存して測定精度がばらつき、LSI製造時のボタン寸法管理の信頼度の点で問題があった。

本発明は従来のこのような欠点を解消し、測定精度の高い測長法および測定装置を提供することを目的とする。

〔問題点を解決するための手段〕

かかる目的を達成するために、本発明の測長法は荷電ビームのビーム電流を一定にしてボタン表面を照射し、ボタン表面からの二次電子雑音量および全収率のいずれか一方が最小になる加速電圧で該ボタン表面の形状寸法を測定することを特徴とする。

本発明の測定装置は荷電ビームを加速・収束お

よび偏向する手段と、荷電ビームのビーム電流を一定にして加速電圧を変化させる手段と、試料表面からの二次電子を収集する手段と、試料表面からの二次電子波形で試料表面の形状寸法を算出する手段と、試料表面からの二次電子雑音量を測定する手段と、一定範囲で変化する一変数の関数の最小値を算出する手段とを備えたことを特徴とする。

また本発明の測定装置は荷電ビームを加速・収束および偏向する手段と、荷電ビームのビーム電流を一定にして加速電圧を変化させる手段と、試料表面からの二次電子を収集する手段と、試料表面からの二次電子波形で試料表面の形状寸法を算出する手段と、吸収電流を測定する手段と、一定範囲で変化する一変数の関数の最小値を算出する手段とを備えたことを特徴とする。

〔作 用〕

本発明は測定精度が二次電子雑音量に影響され、二次電子雑音量が少ないと、二次電子を用いたパターンのエッジ検出精度が向上することを利

7

用したものである。

本発明によれば、二次電子雑音量または全収率が最小となる加速電圧で荷電ビームを試料表面に照射して測長を行うので、加算平均化回数を少くして、スループットを高め、しかも再現性よく、高精度なボタン幅測定ができるため、LSIデバイス製造における歩留りと能率の向上に寄与できる。

〔実施例〕

以下に図面を参照して本発明の実施例を説明する。

第1図は本発明の測長装置の一実施例のブロック図である。図中第7図の従来例と同一部分は同一参照番号を付して説明を省略する。21は計算機で直流電圧源11を制御して電子ビームの加速電圧を変化させ、さらに直流電流源12と直流電流源13を制御して電子ビームのビーム電流を一定にする。22はボタン材質固有の二次電子雑音の加速電圧依存性から二次電子雑音の最小値とこれに対応する加速電圧を抽出する最小値抽出回路、23は二

8

次電子雑音量を測定する雑音計で、その入力はコンデンサ24を介し二次電子検出器10の出力と交流結合している。計算機21は直流電圧源11、直流電流源12と13の他、走査回路14、ステージ制御回路15、ボタン幅算出回路17および最小値抽出回路22と接続し、これらを一元的に制御するため制御信号・データの送受とデータの加工・蓄積等の処理を有機的に実行する。

次に測長の精度と二次電子雑音量との関係について説明する。測定精度を、繰返して測定を行った時の標準偏差値 σ と、システムでできる標準偏差値の下限値 σ_0 との比 σ/σ_0 で表す。従ってこの値が小さい程測定精度が高いことになる。加算平均化回数Mが増加するに従って σ は減少する。一方二次電子雑音はスペクトル成分が均等に分布するショット・ノイズであるので、二次電子雑音量は加算平均化回数Mの $-1/2$ 乗に比例する。従って測定精度と加算平均化回数Mとの関係は、測定精度と二次電子雑音量の関係としてプロットすることができる。

第2図は前述したライン・プロファイル法で幅 1μ のボタン幅を測定し、その測定精度 σ/σ の二次電子雑音量への依存性を示したものである。図中直線30はSi上のホトレジストA2のボタンを、直線31はベアSiの実測例を示し、測定点に付した数は前述した加算平均回数Mの値である。 σ はA2に対しては $M=128$ 、Siに対しては $M=64$ とした時の標準偏差値をとった。A2/SiおよびSiに対する測定精度 σ/σ はいずれも二次電子雑音量 n のほぼ3/5 乗に比例して増大していることを示している。すなわち、加算平均化回数を小さくしても、二次電子雑音量が最小となる条件で測長を行えば、最も高い測定精度が得られることを示している。

計算機21から直流電圧源11、直流電流源12と13、走査回路14、ステージ制御回路15、ボタン幅算出回路17および最小値抽出回路22へ電子ビーム8の照射条件信号・ボタン幅算出条件等を送信し、加速電圧 V_p を変化させて、電子ビーム8で試料7の表面の特定領域を走査する。これと並行し

て、試料の特定領域から放出される二次電子9を二次電子検出器10で収集し、二次電子の交流雑音成分の二乗平均値 n^2 (以下 n を二次電子雑音という) をコンデンサ24を介して雑音計23で測定する。

二次電子の交流雑音はホワイト・ノイズであるから、その二乗平均値 n^2 は次式で与えられる〔雑音解析、宮脇一男、p35、朝倉書店(1967)〕。

$$n^2 = 2 \cdot e \cdot I_g \cdot \Delta B \quad (1)$$

ここで、 e は電子の電荷、 I_g は二次電子検出器10で収集される信号電流、 ΔB は二次電子検出器10、コンデンサ24および雑音計23で構成される検出系の帯域幅である。信号電流 I_g は第1図の試料7の特定領域からの二次電子量に比例するから

$$n^2 = K \cdot \rho(V_p) \cdot I_p \quad (2)$$

ここで、 K は試料7の表面材質に依存しない定数、 $\rho(V_p)$ は電子ビーム8を加速電圧 V_p で照射した時の試料7の全収率である。全収率 ρ は試料の二次電子放出比 δ と後方散乱係数 η の和であり、

1 1

ビーム電流 I_p を一定にしたまま加速電圧 V_p を変化させて、二次電子雑音量の二乗平均値 n^2 を測定すれば、ボタン材質固有の全収率 $\rho(V_p)$ に比例した加速電圧依存特性が得られる。

先にビーム電流を一定にしたまま加速電圧を変化させて二次電子雑音量の二乗平均値を測定すれば、ボタン材質固有の全収率に比例した加速電圧依存性が得られると述べた。

第3図にボタン材質がM.の場合の、第4図にパン材質がSiO₂の場合の二次電子雑音量の二乗平均値と全収率の加速電圧依存特性を示す。両図において曲線32と34は二次電子雑音量の二乗平均値の加速電圧依存特性、曲線33と35は全収率の加速電圧依存特性の実測例である。第2図に示した結果と第3図および第4図の結果から、ボタン材質がM.では $V_p=2.5\text{ kV}$ の時、SiO₂では $V_p=1\text{ kV}$ の時に測定精度 σ が最小になることがわかる。第1図の最小値抽出回路22は第3図の曲線32と第4図の曲線34のようにボタン材質によって異なる二次電子雑音量の加速電圧依存特性から、測定精度が

1 2

最小になる加速電圧を抽出するものであり、通常の演算回路で構成できる。

第5図に本発明の測長装置の他の実施例を示す。第5図において、1~22は第1図と同じものを示す。25は電子ビームで試料7を照射した時、アースから試料へ流れる吸収電流を測定する電流計である。

本実施例は(2)式から分かるように、二次電子雑音量の二乗平均値 n^2 がボタン材質固有の全収率 $\rho(V_p)$ に比例することに着目したものである。すなわち、全収率 $\rho(V_p)$ の加速電圧依存特性から、全収率 $\rho(V_p)$ の最小値に対応する加速電圧を抽出すれば先に述べた理由により、測定精度 σ を最小にできる。全収率 $\rho(V_p)$ は試料7の吸収電流を $I_s(V_p)$ とすれば次式で与えられる。

$$\rho(V_p) = 1 + I_s(V_p) / |I_p| \quad (3)$$

ここで、吸収電流 $I_s(V_p)$ の符号は吸収電流 $I_s(V_p)$ が第5図の試料7からアースに流れるとき正とする。従って、吸収電流を $I_s(V_p)$ を電流計25で測定し、これに対応する全収率 $\rho(V_p)$ とその最

小値を最小値抽出回路22で算出すれば良い。第3図の曲線33と第4図の曲線35はこのようにして測定した全収率の加速電圧依存特性の実測例である。両図から、M。とSiO₂共に全収率の加速電圧依存特性は二次電子雑音量の二乗平均値の加速電圧依存特性と良く一致しており、全収率を最小にする加速電圧は二次電子雑音量を最小にする加速電圧と同一になること、従って全収率を最小にする加速電圧で測長を行えば、最高の測定精度が得られることがわかる。

第6図は線幅1 μm のM。配線パタンの測長を加速電圧を $V_p = 1 \sim 2$ (kV)の範囲で変化させて行った時の、測定精度の加速電圧依存特性の実測例を示す。直線36は二次電子波形の加算平均化回数 $M = 4$ 、直線37は $M = 16$ 、直線38は $M = 64$ の条件での依存特性である。同図から、何れの場合も第4図の曲線32で示した二次電子雑音量の二乗平均値の加速電圧依存特性、あるいは、曲線33で示した全収率の加速電圧依存特性に対応して、測定精度は加速電圧と共に単調減少することが確認で

きる。加速電圧を変化させたときの二次電子雑音量の変化量は、パタン材質がM。の場合は第3図から抽出でき、この変化量に対応する測定精度の変化量は第2図の3/5乗則で予測できる。第6図に示した加速電圧を変化させたときの測定精度の変化量は、このような手順で得た予測値と比較的良好一致する。すなわち、第6図は本発明が有効であることを実証している。

なお、上記実施例は主として電子ビームを用いた測長装置について説明したが、イオンビーム等その他の荷電ビームについても同様な手段と方法で実施できる。

[発明の効果]

本発明によれば、二次電子雑音量または全収率が最小となる加速電圧で荷電ビームを試料表面に照射して測長を行うので、加算平均化回数を少くして、スループットを高め、しかも再現性よく、高精度なパタン幅測定ができるため、LSIデバイス製造における歩留りと能率の向上に寄与できる。

1 5

4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明の実施例のブロック図、

第2図は測定精度と二次電子雑音量の関係を示す線図、

第3図はパタン材質がM。の場合の二次電子雑音量の二乗平均値と全収率の加速電圧依存特性を示す線図、

第4図はパタン材質がSiO₂の場合の二次電子雑音量の二乗平均値と全収率の加速電圧依存特性を示す線図、

第5図は本発明の他の実施例のブロック図、

第6図はパタン材質がM。の場合の測定精度の加速電圧依存特性を示す線図、

第7図はSEMを用いた測長装置の一般的構成を示すブロック図である。

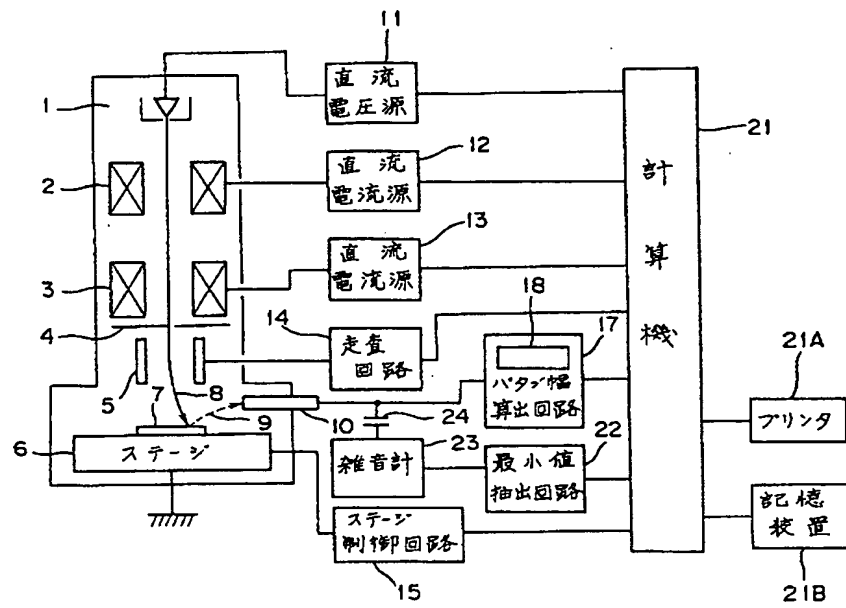
- 1 … 電子銃、
- 2 … コンデンサレンズ、
- 3 … 対物レンズ、
- 4 … アパーチャ、

1 6

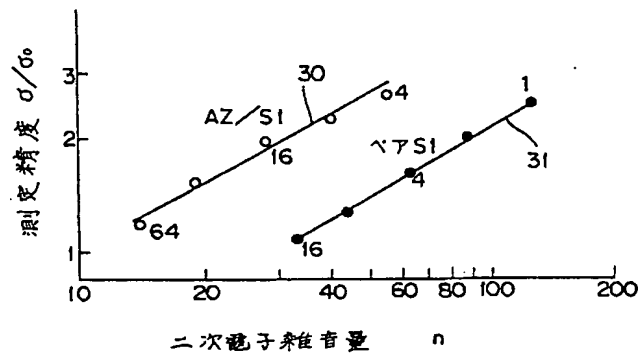
- 5 … 偏向器、
- 6 … ステージ、
- 7 … 試料、
- 8 … 電子ビーム、
- 9 … 二次電子、
- 10 … 二次電子検出器、
- 11 … 直流電圧源、
- 12, 13 … 直流電流源、
- 14 … 走査回路、
- 15 … ステージの制御回路、
- 16 … コンソール、
- 17 … パタン幅算出回路、
- 18 … 表示器、
- 19 … 制御装置、
- 21 … 計算機、
- 22 … 最小値抽出回路、
- 23 … 雑音計、
- 24 … コンデンサ、
- 25 … 電流計。

1 7

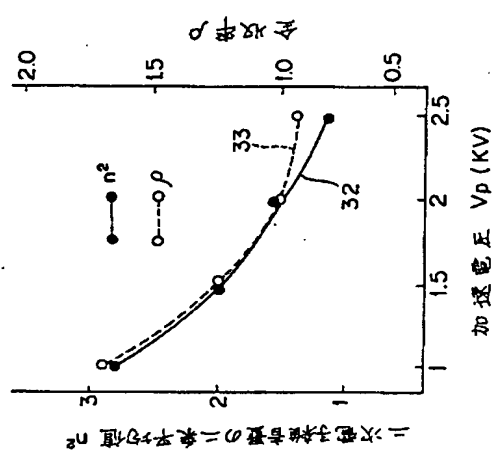
1 8



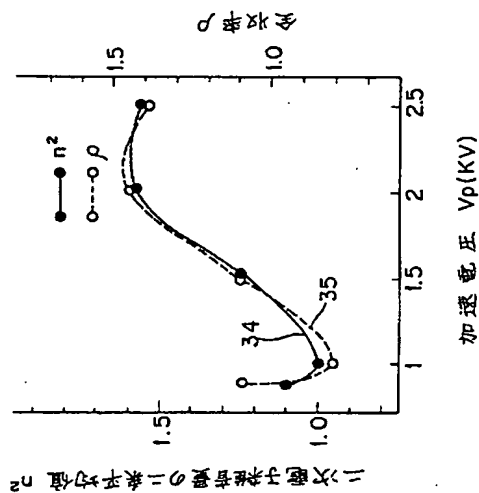
第 1 図



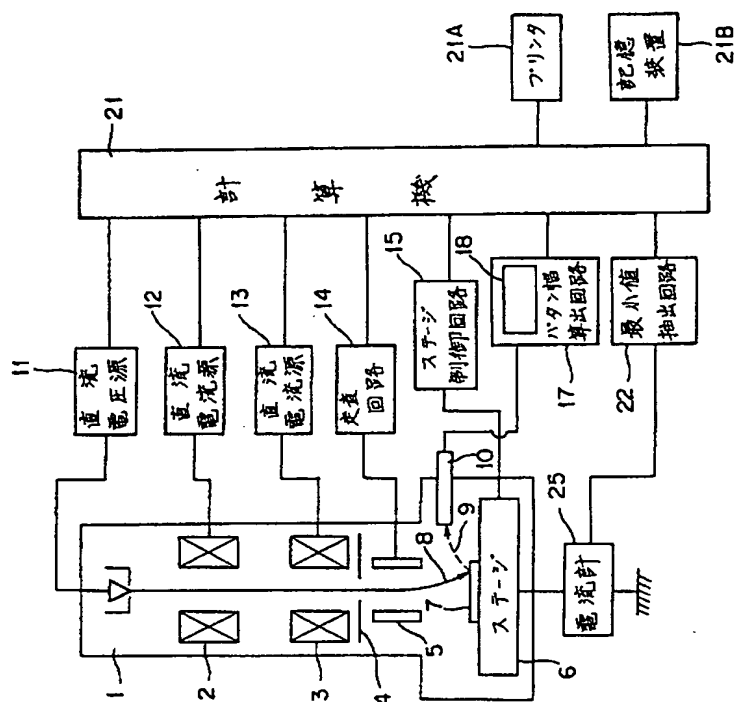
第 2 図



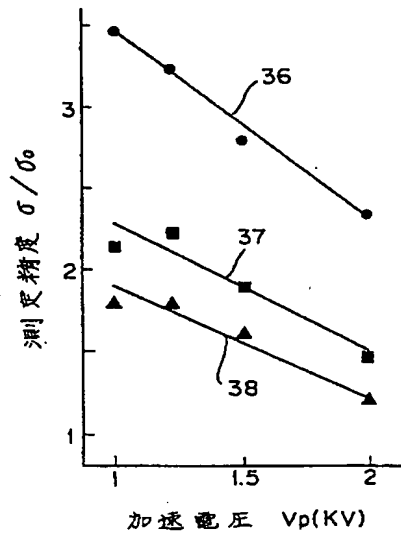
第3図



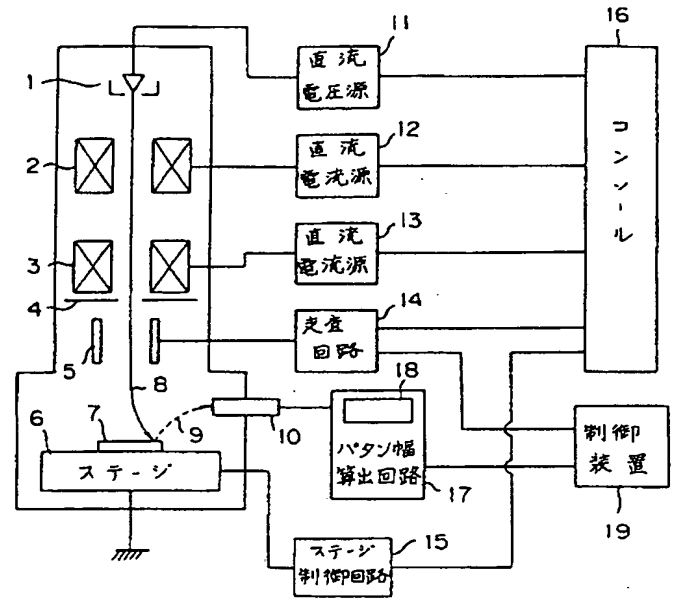
第4図



第5図



第 6 図



第 7 図

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.